DOI:
张春晖 张震.三相智能物联电表模组化设计研究［J］. ****，****，**，（**）：00-00
ZHANG Chunhui ZHANG Zhen.Research on the modular design of three-phase intelligent IoT meters［J］. ****，****，**，（**）：00-00

三相智能物联电表模组化设计研究

张春晖[1] 张震[2]
(1. 国网山东省电力公司，山东 济南 250001;2.华能济南黄台发电有限公司，山东 济南 250100)

摘 要：介绍了三相智能物联电表的通用技术规范及其模组化设计要求。三相智能物联电表由计量模组、管理模组和扩展模组组成，具有多种功能，并适应物联网需求。该规范结合了 IEC 电表标准、2013 版国网智能电表技术、功能标准以及 IR46 标准的要求，并引入了模组化设计。模组化设计使得电表可以按需扩展功能，提高了灵活性和可维护性。其中，计量模组具有法制计量的能力，可以独立工作，而管理模组则负责用户界面和通信功能。本文为三相智能物联电表的推广应用和长期发展提供了技术基础和设计指导

关键词：三相智能物联电表 模组化 扩展模组
中图分类号：TM933.4 **文献标识码：** **文章编号：**

Research on the modular design of three-phase intelligent IoT meters

ZHANG Chunhui[1] ZHANG Zhen[2]
(1.State Grid Shandong Electric Power Company,Jinan，Shandong 250001，China;2.Huaneng Jinan Huangtai Power Generation Co.，Ltd.，Jinan，shandong 250100，China）

Abstract: The general technical specifications and modular design requirements of three-phase smart IoT meters are introduced. The three-phase smart IoT meter consists of a metering module, a management module, and an expansion module, which has a variety of functions and adapts to the needs of the Internet of Things. The specification combines the requirements of the IEC electricity meter standard, the 2013 version of the State Grid smart meter technology, the functional standard and the IR46 standard, and introduces a modular design. The modular design allows the meter to be expanded as needed, improving flexibility and maintainability. Among them, the metering module has the ability to make legal measurement and can work independently, while the management module is responsible for the user interface and communication functions. This paper provides a technical basis and design guidance for the popularization, application and long-term development of three-phase smart IoT meters

Key words: Three-phase smart IoT meter Modular Expansion Modules

收稿日期： **修回日期：**
基金项目：
作者简介：张春晖 男 (1938-) 从事电能计量技术研究
通信作者：张震 男 (1977-) 从事电能计量技术研究 721047546@qq.com

0 引言

2020年8月19日，国网发布：单/三相智能物联电表通用技术规范（6本）和单/三相智能电表（2020版）通用技术规范（2本）。其中，三相智能物联电表通用技术规范，最引人注目。

从2016年起，对国网新一代智能电表发展的预期，国网计量部门、电表企业及本文作者发表了一批专题文稿，介绍2013版智能电表标准内容，IR46标准解读及应用，多芯模组化结构框架设计及对新一代智能电表发展的期望等，内容较为详细。本文取用这些内容时，只列出内容要点，不再重复展开说明。

三相智能物联电表通用技术规范分为6个部分，包括：总则，技术规范，功能要求及应用软件测试规范，安全防护技术规范，新增技术要求，技术服务、设计联络、工厂检验和监造，涉及表计内容广泛、分布。其中，电表整机采用模组化技术，按需扩展功能，是国网智能物联电表的设计创新。

本文主要是汇总三相智能物联电表通用技术规范各部分对模组化设计的要求，提炼出模组化结构设计的逻辑特征，为国网智能物联电表即将到来的推广应用、长期发展铺路。

1、 三相智能物联电表通用技术规范概要

1）从智能物联电表定义说起

— 智能物联表的定义：由计量模组、管理模组、扩展模组组成，具备电能计量、数据处理、实时监测、自动控制、环境感知、信息交互和能源路由等功能，同时能适应物联网需求的智能电表。

— 该定义有三层含义

· 智能物联电表的基础是智能电表，采用现行IEC电表标准/2013版国网智能电表技术、功能标准的有关内容。

· 智能物联表需实现计量、数据处理、监测、控制、感知、交互和路由功能，还适应物联网需求。

· 智能物联表采用模组化结构设计，并具有物联需求功能。

2）三相智能物联电表通用技术规范的架构分析

本文作者认为：三相智能物联表规范是IEC电表标准/2013版国网智能电表技术、功能标准有关要求+IR46标准要求+模组化设计要求及提出其它新要求。

— 采用IR46标准要求，应用于表计有功计量的准确度及计量特性保护。

IR46标准改变了传统IEC标准的有功电表计量技术体系，其计量技术要点：

· 三相智能物联电表的有功计量准确度等级，采用A、B、C、D、E级英文表示，涵盖在参比条件下，全部计量工作范围，覆盖面很广；而IEC标准的准确度等级，采用2、1、0.5S、0.2S、（0.1S）级表示，只涵盖在参比条件、（指定负荷工作范围、功率因数为1）情况下规定的误差极限。

· 三相智能物联电表随负载变化的误差曲线，其负荷点采用：起动电流（Ist）、最小电流（Imax）、转折电流（Itr）、最大电流（Imax）表示，负荷范围很宽。不采用IEC标准的基本电流（Ib），作为计算负载基础。

· 三相智能物联电表的影响量：采用IEC标准/2013版国网智能电表标准的影响量+（IR46标准中，具有误差偏移极限要求的干扰允许影响）。IEC电表标准的影响量与干扰的影响是分别规定的。

· 计量特性保护：采用双模组（计量模组、管理模组）设计，实现计量部分与管理部分的硬件、软件分离要求。而IEC电表标准没有这类要求。

— 采用IEC标准/2013版国网智能电表标准有关技术和功能要求，应用于表计无功计量（其准确度等级采用2、1、0.5S级表示），并作为新规范的技术规范、功能规范的部分通用要求。其中：

· 采用Q/GDW 1827--2013《三相智能电表技术规范》中的准确度要求（11项）、电气要求（7项）、绝缘性能（2项）、电磁兼容性要求（2项）。

· 采用Q/GDW 1354--2013 《智能电表功能规范》中的术语和定义（47项）、电表功能要求（25项）、事件判定值范围及其默认定值（15项）。

— 采用计量模组、扩展模组、管理模组及软件（操作系统及APP）的硬件平台结构设计，实现按需扩展功能的要求及提出其它新要求，这些是本文下面讨论的重点。

2、 智能物联电表整机模组化设计要求

1）技术设计要求

— 模组化框架设计

智能物联表整机由计量模组，扩展模组，管理模组（包括嵌入式操作系统、APP软件的硬件平台）构成，各模组结构上独立。其中，扩展模组按型式分为A型、B型扩展模组。除计量模组外，其它模组通过接插件实现通信连接，支持带电熱插拔操作，并应有失效保护电路。

— 计量模组技术要求

· 计量模组内部配有：MCU、电池、时钟、ESAM、存储器、脉冲信号等单元。

计量模组各单元内联方式：

MCU：<——电池/<——>时钟/<——>ESAM/<——>存储器/——>脉冲信号

· 计量模组能够实现法制计量，可不依赖其它模组独立工作，在结构上采用止逆设计，不允许拆卸，不支持软件升级。

— 管理模组技术要求

· 管理模组内部配有：MCU、按键、ESAM、蓝牙、存储器、液晶等单元。

管理模组各单元内联方式：

MCU：<——按键/<——>ESAM/<——>蓝牙/<——>存储器/<——>液晶

· 管理模组能够运行嵌入式实时操作系统，具有数据路由分发和软件在线升级功能，负责电表的数据管理、模组管理以及模组之间的数据交互。

计量模组与扩展模组之间的工作逻辑关系应由管理模组统一管理，不允许多重交叉。

管理模组应具备储能器件，当电表停电后，能在10s内将停电信息，主动发送给A型扩展模组，实现主动上报。

— 扩展模组技术要求

· A型扩展模组

A型扩展模组为专用独立模组，具备弱电和强电接口，主要用于电表数据通信，支持载波、微功率无线等通信方式，利用载波方式还可以与电表从设备通信，实现上行、下行通信功能复用。

A型扩展模组应内置储能器件，应能在3min内完成停电主动上报。

· B型扩展模组

B型扩展模组包括B型扩展模组1、2、3。

B型扩展模组结构尺寸和硬件接口兼容，可互换安装，并可根据非介入式负荷感知、电能质量分析、有序充电控制、水气熱仪表数据接入等不同应用场景需求进行选配。

B型扩展模组应分别具备独立电源和信号接口。

— 各模组之间的连接

· 计量模组：<——>管理模组/——>B型扩展模组

· 管理模组：<——>计量模组/<——>A型扩展模组/<——>B型扩展模组

· A型扩展模组：<——>管理模组

· B型扩展模组：<——>管理模组/<—— 计量模组。

— 电表模组之间接口引脚功能

· 计量模组与管理模组接口引脚

计量模组通过该接口与管理模组进行数据通信，对外提供电能和时钟脉冲输出信号和计量原始数据。

管理模组—计量模组接口，采用双排接口2个，每个接口16个引脚。其中，管理模组为双排插针，计量模组为双排插座，其引脚功能：

第一个双排接口

a、电源（Vcc）引脚：管理模组电源15V±1V，600mA，专用地，由电表主板提供。

b、通信（SPI）引脚：

其一，信号（SPI--CLK）引脚：计量模组与管理模组通信SPI时钟信号，管理模组为主，（高电平为3.3V，与Vdd一致）。（注：Vdd，在第二个双排接口中说明）

其二，信号（SPI--MISO）引脚：计量模组向管理模组发送数据，（高电平为3.3V，与Vdd一致）

其三，信号（SPI--MOSI）引脚：管理模组向计量模组发送数据，（高电平为3.3V，与Vdd一致）

c、信号（TEST 1--5）输出引脚：电能脉冲（有功电量，正向、反向谐波有功电量，无功电量脉冲）；秒脉冲。

第二个双排接口

a、电源（Vdd）引脚：+3.3V±0.16V，30mA，专用地，由管理模组提供。

b、通信（UART）引脚：

其一，信号（TXD）引脚：计量模组UART的发送。

其二，信号（RXD）引脚：计量模组UART的接收。

c、信号（SPI--CS）引脚：计量模组—管理模组通信片选信号引脚，管理模组为主。

d、信号（POWDET）引脚：掉电信号。

e、信号（SECOND）引脚：秒同步。

f、信号（COM--RQ）引脚：管理模组拔出信号。

g、信号（SCLK）引脚：计量模组提供的SPI通信时钟信号线，通信速率可配置，管理模组转接。

h、信号（MOSI）引脚：计量模组向B型扩展模组发送数据引脚，管理模组转接。不接受B型扩展模组向计量模组发送数据。

i、信号（CS）引脚：计量模组与B型扩展模组

通讯片选信号，管理模组转接。

j、GND引脚：管理模组地（公用）。

· 电表管理模组侧—A型扩展模组弱电接口引脚：

电表管理模组侧弱电接口采用双排插座1个，12个引脚。（注：A型扩展模组侧为双排插针）

a、电源（Vcc）引脚：12V±1V，秒平均电流400mA，专用地，由电表（交流电源）提供。

b、插拔检测（PLUG--DET）引脚：A型扩展模组插拔检验信号，管理模组直接接地。

c、管理模组与A型扩展模组通信引脚：

其一，信号（RXD）引脚：A型扩展模组给管理模组发送信号（收到数据）。

其二，信号（TXD）引脚：管理模组给A型扩展模组发送信号（发送数据）。

其三，信号（/SET）引脚：A型扩展模组设置使能，低电平时，方可设置A型扩展模组。

其四，信号（STA）引脚：A型扩展模组地址匹配正确，接收时，发送过程的输出阻态。

其五，信号（/RST）引脚：复位输出，低电平有效，用于复位A型扩展模组。

d、信号（COM--RQ）引脚：A型扩展模组到位信号，输入，模组到位后为低电平。

e、信号（EVENT OUT）引脚：管理模组事件状态输出。当有主动上报事件发生，输出高阻态，状态字查询完毕输出低电平。

注1：该弱电接口必须与强电隔离。

注2：除新增PLUG--DET、COM--RQ信号外，其余接口与2013版标准的模组兼容。

· 电表（本地通信单元）侧—A型扩展模组载波耦合接口（强电）引脚

A型扩展模组载波耦合接口采用双排插针1个，20个引脚；电表（本地通信单元）侧载波耦合接口为双排插座。

a、载波（A）引脚：电网A相线作为载波信号耦合接入端。

b、载波（B）引脚：电网B相线作为载波信号耦合接入端。

c、载波（C）引脚：电网C相线作为载波信号耦合接入端。

d、载波（N）引脚：电网零线作为载波信号耦合接入端。

说明1：空引脚，用于增加安全距离。

说明2：A和N、B和N、C和N之间耦合载波信号，电源设计应考虑尽量降低线路对载波信号的干扰和吸收。

· 电表侧管理模组—B型扩展模组接口引脚

注:这里的管理模组引脚，包括转接:计量模组—B型扩展模组之间的SPI通信功能。

该接口是弱电接口，采用双排接口，12个引脚。B型扩展模组为插针；电表侧管理模组为插座。B型扩展模组1、2、3的接口引脚功能，需保证一致。

a、电源（Vcc）引脚：+5V，秒平均电流100mA，专用地，由管理模组提供。

b、通信（管理模组—B 型扩展模组）引脚

其一，信号（RXD）引脚：B型扩展模组给管理模组发送信号（收到数据）。

其二，信号（TXD）引脚：管理模组通信信号输出（发送数据）。

其三，信号（/RST）引脚：管理模组控制引脚，用来给B型扩展模组复位。

c、信号（COM--RQ）引脚：B型扩展模组到位信号。

d、转接 SPI 通信功能

其一，信号（SCLK）引脚：计量模组提供SPI通信时钟信号线。

其二，信号（MOSI）引脚：SPI通信数据线，数据输出（注：单方向）

其三，信号（CS）引脚：SPI片选信号。

2）功能设计要求

— 计量模组功能要求

· 电能计量（3项要求）

a、具有正向、反向有功电能量，正向、反向谐波电能量，正向、反向基波电能量和四象限无功电能量计量功能；

b、还有分相计量、总加要求；电能数据的小数位数要求。

· 法制时钟（4项要求）

a、采用具有温度补偿功能的内置硬时钟电路，内部时钟输出频率为1Hz。

b、还有时间自动转换；校时；安全防护要求。

· 分钟冻结（3项要求）

a、冻结量，按采样1min间隔，保存1年；15min间隔，保存1年两类。

b、还有停电时刻错过分钟冻结时刻的补偿方法2项。

· 事件记录（8项要求）

记录：普通校时、广播校时、管理模组插拔、

管理模组软件在线升级、开端纽盒盖、开表盖、掉电、电表清零事件。

· 清零功能（3项要求）

a、清零仅限测试密钥状态下进行，清零操作应作为事件永久记录。

b、还有计量模组可清零的数据目录；底度值清零的规定。

· 信号输出（2项）

a、电能脉冲：具备与所计量的电能量成正比的有功脉冲输出，正向谐波有功脉冲、反向谐波有功脉冲输出，无功脉冲输出。

b、其它脉冲：具备法制时钟信号、秒同步信号、掉电信号输出。时钟信号输出为秒脉冲。

· 测量及监测（8项）

a、测量总及分相的有功功率、无功功率及测量范围、测量准确度要求。

b、测量分相的电压、电流（含零线电流），总畸变率及分次谐波含量，测量准确度要求；测量每半周刷新的电流有效值、电流（含零线）测量范围；具备/不具备辅助电源的电表电压测量范围。

c、测量功率因数及测量范围、测量准确度要求。

d、测量频率及测量范围、测量准确度要求。

· 辅助功能（2项要求）

a、误差自检测（选配）

b、端子座测温

· 安全保护（3项要求）

a、计量性能保护：电表支持计量模组的软件比对功能，软件版本号出厂后不可修改；计量模组允许电表清零，修改时间、存储通信地址、误差自监测等参数。通信地址以计量模组为准，其它参数可通过管理模组同步；计量模组软件出厂后不允许升级。

b、还有数据保存要求；故障自检要求。

— 管理模组功能要求

管理模组嵌入操作系统，并可在其上运行若干APP，能够保存各种冻结数据，进行对外通信，同时承担计量模组、扩展模组的对外通信路由功能。

· 电能数据（5项要求）

a、管理模组具有正向、反向有功电能量，正向、反向基波电能量，正向、反向谐波电能量和四象限无功电能量数据，并可以据此设置组合有功和组合无功电能量数据。

b、还有管理模组与计量模组的当前电能量示值同步要求；具有分相电能量数据要求；支持电能量数据存储要求；支持电能量数据传输、显示要求。

· 需量测量（4项要求）

a、在约定的时间间隔内，测量单向或双向最大需量、分时段最大需量及其出现的日期、时间，并存储带时标的数据。

b、还有最大需量采用滑差方式、需量周期的要求；当发生特殊情况时，电表对需量周期不完整的处理要求；能存储12个结算日最大需量数据。

· 同步时钟（2项要求）

a、计量模组有校时操作时，管理模组应与计量模组进行时钟同步。管理模组时钟同步之后，应更新各模组时钟。

b、管理模组时钟应定时与计量模组时钟同步。

· 费率和时段（5项要求）

· 冻结功能（10项要求）

a、冻结数据分类：瞬时冻结、分钟冻结（负荷记录）、小时冻结、日冻结、月冻结、约定冻结、结算日冻结。

b、还有冻结内容及标识符要求；冻结数据保存年限要求。

c、管理模组的冻结数据项应与计量模组相同时刻同一数据项保持一致。

· 事件记录（26项要求）

记录：各相失压、欠压、过压、断相、过流、断流、失流事件；功率因数超下限；全失压；电压（电流）逆相序；功率反向；管理模组掉电事件；需量超限；电压（电流）不平衡、电流严重不平衡；恒定磁场干扰事件；电源异常事件；负荷开关误动作；永久记录电表清零总次数；需量清零、事件清零；编程；各相过载；拉闸、合闸事件；时钟故障；计量芯片故障；端子座过熱报警、温度剧变、温度不平衡事件；误差自检测超限；模块变更事件；三相表记录电压、电流谐波总畸变率超限；电表零线电流异常；在供电情况下，所有事件均可支持主动上报，上报事件可设置；在停电和上电时刻，由通信模块完成相应事件上报；记录每种事件总发生次数和（或）总累计时间。

· 清零功能（3项要求）

· 信号输出（2项要求）

a、脉冲和多功能输出：应满足三相智能物联电表技术规范要求，即本文前面叙述”计量模组功能要求”中的信号输出（2项要求）：电能脉冲、其它脉冲。

b、报警输出

· 显示功能（8项要求）

· 测量及监测（2项要求）

a、测量运行参数名录，其测量数据从计量模组获取；

b、三相电表提供越限监测功能。

· 费控功能（4项要求）

· 保电功能（5项要求）

· 主动上报（3项要求）

· 安全保护（3项要求）。

· 软件要求

a、通用要求

其一，电表应具备对软件保护、参数保护及事件记录的授权访问的措施。

其二，对电表进行参数设置要求：（略）

其三，电表生产厂家提供的电表嵌入式软件要求：（略）

其四，管理模组软件应使用软件版本明确标识，软件标识应和软件本身不可分开，软件标识应具有唯一性，且不支持设置。

管理模组软件应采用分层设计，至少包括驱动层、平台层、应用层。

b、软件比对功能

通过加密方式读出管理模组目标代码，实现软件比对。

c、软件在线升级功能：（略）。

— 扩展模组功能要求

· 扩展模组通用要求（2项）

a、电表的计量性能、存储的计量数据和参数，不应因插入扩展模组受到影响和改变。

b、扩展模组按业务类型分扩展通信模组、扩展功能模组。扩展功能模组中，涉及到大量计算、分析的，称为计算类模组。

· 扩展通信模组（3项要求）：（略）

· 扩展功能模组（3项要求）

其一，用于扩展基于电表的某些功能的扩展模组，例如有序充电模组、非介入式负荷识别模组。

其二，其它要求：（略）。

3）通信设计要求

— 计量模组通信设计

· 计量模组与管理模组同步通信

其一，电表上电后，计量模组应在3s内配置好通信接口，处于通信接收状态，等待接收数据。

其二，计量模组与管理模组采用SPI通信，管理模组为主，计量模组为从。

其三，外部通过管理模组访问计量模组数据，应以计量模组的逻辑设备地址进行通信；计量模组不判断报文中逻辑地址，并采用接收帧的逻辑地址进行应答。

其四，计量模组与管理模组之间的数据交互，支持DL/T698.45--2017协议。

· 计量模组与计算类（扩展）模组通信

其一，计量模组与计算类（扩展）模组采用SPI通信，计量模组为主，计算类（扩展）模组为从。

其二，管理模组检验到计算类（扩展）模组插入后，请求计量模组起动采样数据输出。

其三，计量模组应按照最大周波点数，向计算类（扩展）模组发送原始数据。

其四，计量模组收到管理模组启动采样数据输出命令后3s内，应输出采样原始数据。

· 计量模组与管理模组异步通信

其一，电表在上电5s内应能够进行通信。

其二，计量模组与管理模组异步通信时，管理模组为主，计量模组为从。计量模组与管理模组定时同步命令以外的通信，均通过此通信接口。

其四，该接口通信应支持DL/T698.45--2017协议。

— 管理模组通信设计

· 双模组（计量模组与管理模组）同步

管理模组的时钟、电能量等数据来源于计量模组，并与计量模组同步。

其一，管理模组与计量模组的SPI通信用于双模组同步，采用CPOL=0，CPHA=1

的模式，并采用MSB的方式进行通信，同步数据块等参见（本规范）附录H。

其二，管理模组抄读计模组数据块以保持和计量模组同步，计量模组数据块采用对象容器集合（OAD：F2130501）用于管理模组和计量模组之间通信，由管理模组发起读取命令，计量模组响应。

其三，计量模组数据块传输具体数据，需要在出厂前固化。

其四，双模组定时同步以外的命令，通过计量模组接到管理模组的UART口通信，如果主站（终端）抄读计量模组数据，管理模组收到后也转发计量模组的UART口通信。

· 蓝牙通信

其一，蓝牙支持互联互通，其通信服务UUID参见附录。

其二，蓝牙通信应支持两主三从工作模式，支

持同时与2个主机和3个从机并发数据通信。

· 通信路由

管理模组承担电表对外通信，同时也将主站对计量模组、扩展模组的通信，转发给相应的模组；相应的模组应答后，再由管理模组转发给主站。

其一，主站通过读取管理模组中的逻辑地址，来访问不同的模组。

其二，各模组采用不同的逻辑地址，逻辑地址00表示管理模组，01表示计量模组。对于扩展模组，采用扩展逻辑地址表示，电表保存的模组列表中，包括扩展模组及其对应的扩展逻辑地址。

其三，计量模组和扩展模组收到报文时，不判断报文中的逻辑地址，应答报文中的逻辑地址，采用接收报文中的逻辑地址。

其四，智能物联电表通信路由场景图例表述

管理模组交换（接口1）：<——>双模组通道<——>计量模组

管理模组交换（接口2）：<——>A型扩展模组/<——>B型扩展模组/<——>蓝牙（接口3、接口4）

蓝牙（接口3）：<——>手机APP/<——>掌上维护/<——>终端

蓝牙（接口4）：<——>负荷开关（从机1）/<——>从机2/<——>从机3

— 扩展模组通信设计

· 扩展通信模组

a、用于通信转发的扩展模组，例如HPLC模组：接口通信速率默认为9600bps，模组可与电表协商采用新的通信速率。

b、电表上电5s内可以进行通信。

c、如果通信需要外接天线，应保证人身安全。

· 扩展功能模组的通信要求

其一，电表与扩展模组之间的通信，应遵循DL/T698.45--2017协议。

其二，管理模组应支持对扩展模组进行握手，读取扩展模组信息。

4）嵌入式操作系统

— 操作系统架构

智能物联电表软件功能应在统一的操作系统平台进行开发。电表软件基于管理模组硬件平台运行，根据基本功能、运行环境及运行权限不同，操作系统的整体架构分为5层，即启动层、驱动层、系统层、应用层和物联管理平台。

· 物联管理平台：实现对边侧智能终端的数据采集管理以及对端侧智能物联电表应用APP管理。

· 应用层：实现电表基础应用APP、电表业务应用APP及扩展应用APP的运行和管理。

· 系统层：实现嵌入式操作系统多任务调度，任务间通信、内存资源分配及保护等，实现电表基础共用模块接口。

· 驱动层：包括主控驱动及外设驱动 ，可兼容多种硬件架构，对上提供统一接口，实现硬件平台化。

· 启动层：实现硬件初始化，引导内核启动。

— 操作系统要求

· 资源（CPU、内存、FLASH）要求：（略）

· 功能及性能要求

a、内核：支持内存管理、线程管理、线程间通信、线程同步、时钟管理设备管理等基本功能；支持内核应用分离、系统及应用进程管理、系统资源权限分配、数据安全隔离等扩展功能。

b、组件：支持设备驱动框架、系统维护管理等接口功能。

c、POSIX接口：支持外部设备对外接口统一，通过POSIX接口（可移植操作系统接口）提高对不同操作系统的兼容性和应用程序的可移植性。

d、实时性、健壮性、兼容性要求：（略）。

5）物联电表组合单元：本地通信单元

本部分内容摘要于2020年8月国网发布：《物联表本地通信单元通用技术规范》

物联表本地通信单元安装在智能物联电表上。

— 技术要求

· 工作电源

a、高速载波通信（HPLC）设备采用工频交流电源；物联表本地通信单元采用直流电源：12V±1V。

b、（本地通信单元）应有抗三相（四）线配电网单相接地故障的能力，耐受1.9倍标称电压4h。

c、工频交流电源和直流电源失电后，物联表本地通信单元应由超级电容供电，物联表本地通信单元需维持正常工作30s以上。

d、物联表通信单元的功耗：（略）。

· 通信功能和基本传输特性

a、基本通信性能

其一，工作频带

HPLC 的基本频带为 2MHz--12MHz 、2.4MHz--5.6MHz、0.7MHz--3MHz、1.7MHz--3MHz，可支持切换使用。

其二，通信速率

在隔离电源、屏蔽空间环境、无竞争场景、主

从节点1：1配比、测试包大小512（1024）字节时，通信速率应不小于1Mbps。

其三，发送功率谱密度、网络延迟、长时间传输性能、抗衰减性能要求：（略）。

b、通信协议

遵循Q/GDW11612.41/42/43，满足物联表本地通信单元互联互通要求。

c、网络管理功能

节点管理功能、信道访问机制、自动路由、白名单管理、多网络管理、网络信息管理要求：（略）。

· 业务管理

a、抄表功能

物联表本地通信单元应支持集中器主动方式抄表、路由主动方式抄表及并发方式抄表，并发数不小于5，性能指标应满足Q/GDW1373--2013规定的要求。

b、广播对时

物联表本地通信单元应支持终端对电表的广播对时功能。

c、从节点注册

本地通信单元启动从节点注册，物联表本地通信单元应完成搜表，并上报结果。

d、事件上报

物联表本地通信单元应具备异常事件上报，本地通信单元上报至集中器的功能。其中，停电事件主动上报至采集主站时间应小于90s。停电事件主动上报报错率应小于10%。

e、远程费控

物联表本地通信单元应支持主站、终端对电表的远程费控操作。

f、在线升级

物联表本地通信单元应具有在线升级功能，可在正常运行状态下，通过载波信道完成软件升级。

· 互换兼容性要求

物联表本地通信单元可与智能物联电表相匹配，满足功能、通信、互换等相应兼容性要求。

· 可靠性要求

本地通信单元的设计、元器件选用及生产制造工艺应保证本地通信单元的平均无故障工作时间不小于10年。

— 三相物联表本地通信单元与表计模组之间的接口引脚功能

· 三相物联表本地通信单元与管理模组弱电接口

电表侧（本地通信单元）弱电接口采用双排插座，12个引脚。管理模组侧接口采用双排插针。

a、电源（Vcc）引脚：12V±1V，秒平均电流400mA，专用地，由电表提供。

b、插拔检测（PLUG--DET）引脚：三相物联表本地通信单元插拔检验信号，管理模组直接接地。

c、通信（本地通信单元—管理模组）引脚：

其一，信号（RXD）引脚：三相物联表本地通信单元给管理模组发送信号（收到数据）。

其二，信号（TXD）引脚：管理模组给三相物联表本地通信模组发送信号（发送数据）。

其三，信号（/SET）引脚：三相物联电表设置使能，低电平时，方可设置三相物联表通信单元。

其四，信号（STA）引脚：接收时，三相物联表本地通信单元地址匹配正确，其发送过程的输出阻态。

其五，信号（/RST）引脚：复位输出（低电平有效），用于复位三相物联表本地通信单元。

d、信号（COM--RQ）引脚：三相物联表本地通信单元到位信号，输入，该单元到位后为低电平。

e、信号（EVENT OUT）引脚：管理模组事件状态输出。当有主动上报事件发生，输出高阻态，状态字查询完毕，输出低电平。

注1：该弱电接口必须与强电隔离。

注2：除新增PLUG--DET、COM--RQ信号外，其余接口与2013版标准的模组兼容。

· 三相物联表本地通信单元—A型扩展模组）载波耦合接口（强电）引脚

电表侧（本地通信单元）载波耦合接口采用双排插座接口1个，20个引脚。A型扩展模组为双排插针。

a、载波（A）引脚：电网A相线作为载波信号耦合接入端。

b、载波（B）引脚：电网B相线作为载波信号耦合接入端。

c、载波（C）引脚：电网C相线作为载波信号耦合接入端。

d、载波（N）引脚：电网零线作为载波信号耦合接入端。

说明1：空引脚，用于增加安全距离。

说明2：A和N、B和N、C和N之间耦合载波信号，电源设计应考虑尽量降低线路对载波信号的干扰和吸收。

6）三相智能物联电表模组化设计的应用案例

选题:采集主站远程访问电表计量数据。

— 配变侧的集中器，通过HPLC向物联表本地通信单元（AN/BN/CN相线）转发主站访问电表计量数据的命令。

— 该主站访问命令通过物联表本地通信单单元—A型扩展模组载波耦合接口（强电），经（载波通信模块解调）、本地通信单元—管理模组弱电接口，进入管理模组。

— 管理模组通过UART异步通信接口向计量模组转发主站访问命令，即要求计量模组启动计量原始数据输出命令

— 计量模组不判断接收报文的逻辑地址，而采用接收帧的逻辑地址进行应答。

— 计量模组收到管理模组启动原始数据输出命令3s内，通过计量模组—管理模组的SPI同步接口，发送计量原始数据。

— 计量模组的事件记录、测量和监测等非计量原始数据，通过计量模组—管理模组之间的UART异步通信接口输出。

— 管理模组通过本地通信单元—管理模组弱电接口、本地通信单元—A型扩展模组载波耦合接口（包括载波通信模块进行发送信号调制）向集中器发送:计量模组计量原始数据，事件记录、测量和监测等数据；管理模组产生的计量二次数据、事件记录等数据。

— 集中器向采集主站转发由管理模组发来的电表计量数据。

3、 智能物联电表模组化设计的逻辑特征

智能物联电表的模组化设计，与传统智能电表一体化设计方案相比，模组化设计运用模组之间的逻辑变更，实现IR46标准应用，按需扩展功能的期望 。

1）电表数据按分类产生，做到计量原始数据唯一性

— 计量模组产生计量原始数据:

· 电能量原始数据:三相正反向有功电能量，三相正反向基波有功电能量，三相正反向谐波有功电能量，四象限无功电能量；分相有功电能量。

· 计量原始数据块:采用对象容器集合（OAD:F2130501）。

计量模组原始数据块的传输具体数据，需在表计出厂前固化。

· 法制时钟，具有秒脉冲输出。

· 分钟冻结电能量:（略）。

· 信号输出

a、电能脉冲输出:所有有功电能量脉冲，正反向谐波有功电能量脉冲，无功电能量脉冲。

b、其它脉冲:法制时钟信号，秒同步信号，掉电信号输出。

— 管理模组:由计量模组提供计量原始数据，经加工处理后产生计量二次数据，主要有:

· 在计量原始数据基础上，设置组合有功、组合无功电能量数据。

· 需量:（略）

· 费率和时段:（略）

· 冻结电能量:（略）。

— 双模组同步

管理模组的时钟、计量原始数据等，来源于计量模组，需与计量模组同步。管理模组当前电能量示值，应与计量模组当前电能量示值进行同步，并保持一致

— 计量模组计量原始数据输出，由管理模组统一管理，保证数据唯一性，包括采集主站的远程自动抄表，B型扩展模组采集计量原始数据等。

— 以上计量模组与管理模组的逻辑设计，实现IR46标准要求的表计法制计量部分与非法制计量部分在硬件、软件上分离的要求 。

2）管理模组设置转接通信功能:计量模组—B型扩展模组之间的SPI同步通信的时钟、数据、片选（接口引脚为SPI--SCLK、SPI--MOSI、SPI--CS）信号，均需通过管理模组转接，由此实现B型扩展模组功能可以按需更换，不影响计量模组正常运作。

3）由本地通信单元—A型扩展模组的载波耦合接口（强电），统一管理表计与电网之间的通信。

4）由管理模组通过变更逻辑关系，统一管理、协调表计计量模组、B型扩展模组、A型扩展模组、本地通信单元的功能实现。

4 ，总结语

前面已经指出:智能物联电表模组化结构设计，改变了传统智能电表一体化设计方案，是智能电表设计技术创新，很有用处。

但是，三相智能物联电表通用技术规范及其它新规范的发布，2020年国网智能电表第2次招标对象，首次列入单/三相智能电表（2020版），只是国网新一代智能电表走向市场应用的开端，而这些新规范都具有过渡性质，主要是:

1）国际法制计量组织（OIML）的IR46标准是有功电表法制计量要求，实施多年，需要进行补充、修订；OIML的无功电表法制计量要求何时推出，尚不明朗。

2）B型扩展模组、与管理模组配合应用，可以实现按需扩展功能。但是，目前，国网计量部门只提供非介入式负荷识别、单/三相电能质量监测技术规范，很有限。而这些新扩展功能推广应用，需要一定的时间；还有物联功能、更新的其它扩展功能需要研究开发。

3）本文只讨论表计模组化结构设计，三相智能物联电表通用技术规范在电能计量方面，提出基波有功计量、谐波有功计量等计量新类型，需要研究选配实施方案；采用电表波形数据输出，研究电表在线监测技术，需要加快进程。

总结起来看，国网智能物联电表模组化结构设计的应用，前景看好。计量新类型、扩展新功能的开发、应用，要走的路程还是漫长的。

说明:三相智能物联电表的计量新类型、扩展新功能的应用，本文作者将另撰写专题文稿进行讨论

参考文献

[1] 翟峰;徐文静;孙志强;李保丰;曹永峰 国家电网公司智能电能表系列标准问题解读《智能电网》- 2014-07-10

[2] 檀亚凤 分布式电源的双向电能计量初探《广西电业》- 2018-05-30

[3] 欧阳曾恺 赵双双 穆小星 田正其 龚丹《电测与仪表》-2020-04-22

[4] 张海龙 刘宣 阿辽沙·叶 任毅 翟梦迪 陈方方 《新型模组化用电信息采集终端设计与应用电力信息与通信技术》- 2018,16(02)